

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月22日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00487

研究課題名（和文）物理模型と仮想環境をマッピングしたネットワーク教育プラットフォームの作成

研究課題名（英文）A Proposal of a Unified Study Platform for Computer Networking using Miniature Devices and Private Cloud

研究代表者

中川 泰宏（NAKAGAWA, Yasuhiro）

千葉工業大学・情報科学部・助教

研究者番号：60348365

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、仮想化環境の優れたメリットを活かしつつ、模型を用いた箱庭と連動させることで、物理的な側面の学習を強化するLAN/WAN学習のためのプラットフォームを提案した。具体的には、教育システム情報学会において「物理模型と仮想環境をマッピングしたネットワーク教育プラットフォームの一提案」という題目で、物理的な装置に見立てたデバイス模型と仮想化された環境を連動させた箱庭ネットワーク環境の構築手法について研究報告を行っている。現在、数十名規模の複数名教育への対応を視野に入れたスケラビリティの改善を行い、これらの成果を踏まえた研究報告を行う予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、物理的な装置に見立てたデバイス模型と仮想化された環境を連動させ、箱庭ネットワーク環境の構築手法に関する研究報告によって、仮想化環境の利点を拡張する方法で物理接続に関する学習が行えるハイブリッド環境の提案を行った。学術的には、これまで提案されてきた仮想的な環境と物理的な環境を利用した学習手法の特徴を融合する新しい取り組みの一つとして発展させたことに意義がある。社会的には、この環境を利用した学習の実現により、クラウドサービスを利用することで、デバイス模型によるコンパクトなネットワーク管理学習環境の構築が可能となり、ネットワーク管理学習の機会向上に向けて貢献できることに意義がある。

研究成果の概要（英文）：In this research, we proposed a unified study platform for computer networking using miniature devices and a private cloud. This platform consists of three elements. The first one is miniature devices to be similar in appearance to physical networking devices like hosts, switches and routers, and to manage event information on wire connectivity, LEDs turning on and off, and buttons, like power and reset ones. The second one is a private cloud computing system to execute virtual machines to present real activities of hosts, switches and routers for miniature devices. The third one is a joint system of the device models and the cloud computing system. We reported this unified study platform on JSiSE in 2017.

研究分野：教育工学

キーワード：LAN管理学習 学習支援システム 仮想計算機 プライベートクラウド 物理模型

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

コンピュータとネットワークの高性能化を背景に、コンピュータやネットワーク資源の分割・再配分がソフトウェア的に行える仮想化技術が普及してきた。また、タブレットやスマートフォン等の手軽なネットワークアクセス端末の普及により、インターネット上のコンピュータ資源を活用したサービス提供が行われている。コンピュータの仮想化は CPU・HDD・メモリなどの資源をソフトウェア的に容易に分割し、再配分を行える手軽さから、システム構築のテスト環境からサーバ運用などにおいて利用されている。また、近年では SDN (Software Defined Network) に代表されるネットワークの仮想化のトレンドとも相まり、仮想環境内に LAN (Local Area Network) を構築することも可能となった。それにより、資源配分の自由度や、スナップショット機能などによる環境復元の容易さから、LAN の設計・構築学習のプラットフォームとしても活用されている。

ところで、教育の場で仮想計算機技術を扱う場合、学習事例として単一のコンピュータ上で LAN 環境を動作させるものから、多くの計算機リソースを用いて複数の仮想計算機サーバに分散して動作させるものまでである。学習内容の点では、学習課題に沿ってあらかじめ用意されたネットワークについて、設計・構築から実際に学習者自身が設計したネットワークを構築する事例や、仮想化環境の自由度を利用してセキュリティ対策学習へ応用する事例など様々である。しかし、実際にネットワークを構築するためには、仮想化で実現できる論理的な接続環境だけではなく、ラック型やデスクトップ型などのサーバの設置方法による違いや配線手法など物理的な構成についても理解を広げる必要がある。一方で、物理的な装置を利用した学習事例としては、実際のルータやスイッチ、LAN などを用いた実践的な学習事例も国内外で多数見られている。こちらは実物を利用した直接的な学習となるため、実践力向上の観点では大きな効果が期待できるが、管理面においては、環境の復元や準備の点から負担が大きいため、少人数での学習が基本となっている。そのため、より多くの学生を対象とした一斉教育での学習においては課題が残っている。

2. 研究の目的

大学や専門学校等でコンピュータ技術について学ぶ実習の側面でも、学習に利用するコンピュータやネットワーク機器などで、利用後の復元が容易であることから仮想化技術は LAN の学習にも利用されている。しかし物理的な側面から見ると、サーバだけでもデスクトップ型やラック型などの形状の違いや設置方法等の違いがあり、IT 導入の現場で即座に学習した経験を活かすにはわずかな隔りがある。そこで本研究ではこのギャップを埋めるために、仮想化環境で実現できる学習に加えて、物理的な装置に見立てた模型を用意して仮想化された環境を連動させることで、仮想化環境の優れたメリットを活かす物理的な側面の学習を強化した LAN/WAN 学習のためのプラットフォームの構築を目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、学習者が仮想計算機の利便性を受けつつ、物理接続からネットワークの設定まで総合的に学習を支援するシステムを構築する。このシステムは次の 3 つから構成する。

- (1) 仮想デバイスが実行される「プライベートクラウド環境」
- (2) デバイス模型とアクセス端末からなり、学習者が直接利用する「学習環境」
- (3) これらを連携する「コントローラ」

学習環境は、物理装置に見立てた模型であるデバイス模型と、仮想デバイスの動作画面を表示するアクセス端末としてノート型コンピュータから構成され、学習者はこれらの装置を直接利用する。デバイス模型は学習時に想定する IT 導入設計に応じて、形状の異なる装置を選択できる。ここで模型同士の接続には、本物の LAN ケーブル等を利用し、模型には仮想デバイスと連動した電源・リセットボタンやアクセスランプなどが装備される。これらの動作に関する情報はコントローラを介してプライベートクラウドと連携されるが、模型の可搬性を高めて気軽に移動ができるように電池での動作を目指す。また、通信規格にはセンサーネットワークなどで利用される省電力通信である ZigBee やそのベースとなる通信規格である IEEE802.15.4 を用いる。

次にコントローラの役割について説明する。コントローラは 3 つのネットワーク環境を中継する。一つは省電力通信 802.15.4 を利用してデバイス模型と通信するためのネットワーク、二つ目はプライベートクラウド環境へ接続するための有線型 IP ネットワーク、三つ目は、アクセス端末として利用するノート型コンピュータを Wi-Fi 経由で接続をする無線型 IP ネットワークである。なるべく多くの学習者の通信を収容できるよう、Wi-Fi には高速なアクセスを実現する IEEE802.11ac を利用する。また、デバイス模型のソフトウェアは全模型で共通のものを利用し、仮想デバイスとの実際の対応付けやクラウド環境の制御はこのコントローラが行う。

最後にプライベートクラウド環境であるが、この環境はデバイス模型に対応づける仮想デバイスの実行環境として利用される。このクラウド環境内には、サーバやクライアントとして動作する仮想計算機や仮想スイッチ、仮想ルータなどが用意され、論理的に配線の接続が行える。なるべく多くの仮想デバイスが実行できるように、必要となる CPU リソースとディスクサイズ

は可能な限りコンパクトになるよう仮想計算機を設計する．そして，あらかじめ作成したこの仮想計算機をテンプレートとして，学習者の数だけクローンを作成する．そのため，本研究の評価に必要な学習者 10 名に対して同時起動するモデルを 10 台と定義し，100 台程度の仮想デバイスが実行できるよう，クラウド環境のシステムの冗長化を図っている．

4．研究成果

本研究では，仮想化環境の優れたメリットを活かしつつ，モデルを用いた箱庭と連動させることで，物理的な側面の学習を強化する LAN/WAN(Wide Area Network)学習のためのプラットフォームを提案した．

具体的には，物理・論理的構成の両面からの学習を実現するために，クラウド上に用意された仮想計算機や仮想ネットワーク機器（以下，仮想デバイスと呼ぶ）に対して，物理的な装置（デバイス）に見立てた表 1 のような小型模型（以下，デバイス模型と呼ぶ）を用意する．そして，それらの模型とクラウド上で動作する仮想デバイスを連動させる．例えば，模型のスイッチに対して，2 台のサーバの模型を LAN ケーブルで接続すると，クラウド上の対応する仮想デバイスが同じ構成で接続される．この環境を利用することで，複数の学習者が机上で実際の機器に見立てた物理接続に始まり，装置の設定とその動作までを総合的に学習することができる（図 2 参照）．学習者は，仮想デバイスの操作画面を表示するノート型コンピュータ 1 台と，役割に応じて表 1 の模型から学習に必要な装置を選択する．このとき実際の IT 導入の現場に見立てて自身の役割が明確になるよう，大判プリンタで印刷された物理設計図のポスター（B0 版等）を用意して，フロアやキャンパスなどの管理区分に応じて模型を配置する．そして，IT 導入の配線計画を元に LAN ケーブルの敷設をポスターに印刷された地図上で行う．このとき，学習者は表 2 のような管理区分ごとの地図を利用することで，LAN から WAN に至るネットワークの設計・構築・管理を物理設計から実際の設定に至るまで学習することができる．

表 1 デバイス模型の形状と種類

形状	模型の種類
ラックマウント型(図 1 参照)	ラック， ルータ， スイッチ， パッチパネル， サーバ， UPS 等
スタンドアローン型	ルータ(ブロードバンドルータ)， スイッチ， ローゼット 等
デスクトップ型	サーバ， クライアント 等
ノートブック型	クライアント 等

表 2 デバイス模型を利用したネットワーク管理学習例

管理区分	利用する物理設計図	利用するデバイス模型の例
部屋	自宅，研究室 等	デスクトップ型，ノートブック型，スタンドアローン型
フロア	大学のフロアマップ 等	デスクトップ型，ノートブック型，ラックマウント型
建物	キャンパスマップ 等	ラックマウント型
拠点	日本地図，世界地図 等	ラックマウント型



図 1 ラックに設置されたサーバ

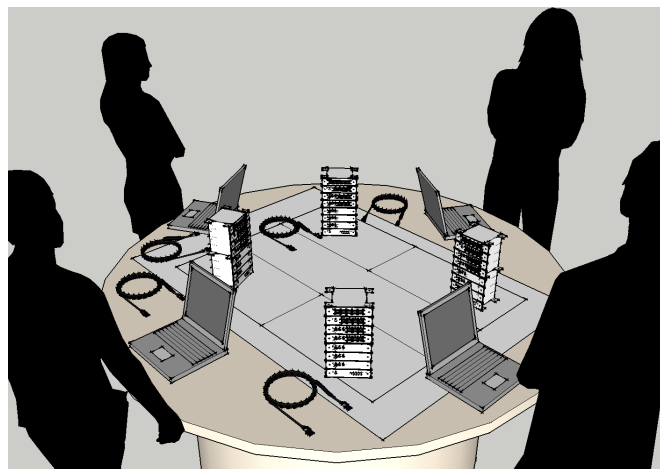


図 2 物理設計図とデバイス模型を利用した学習イメージ

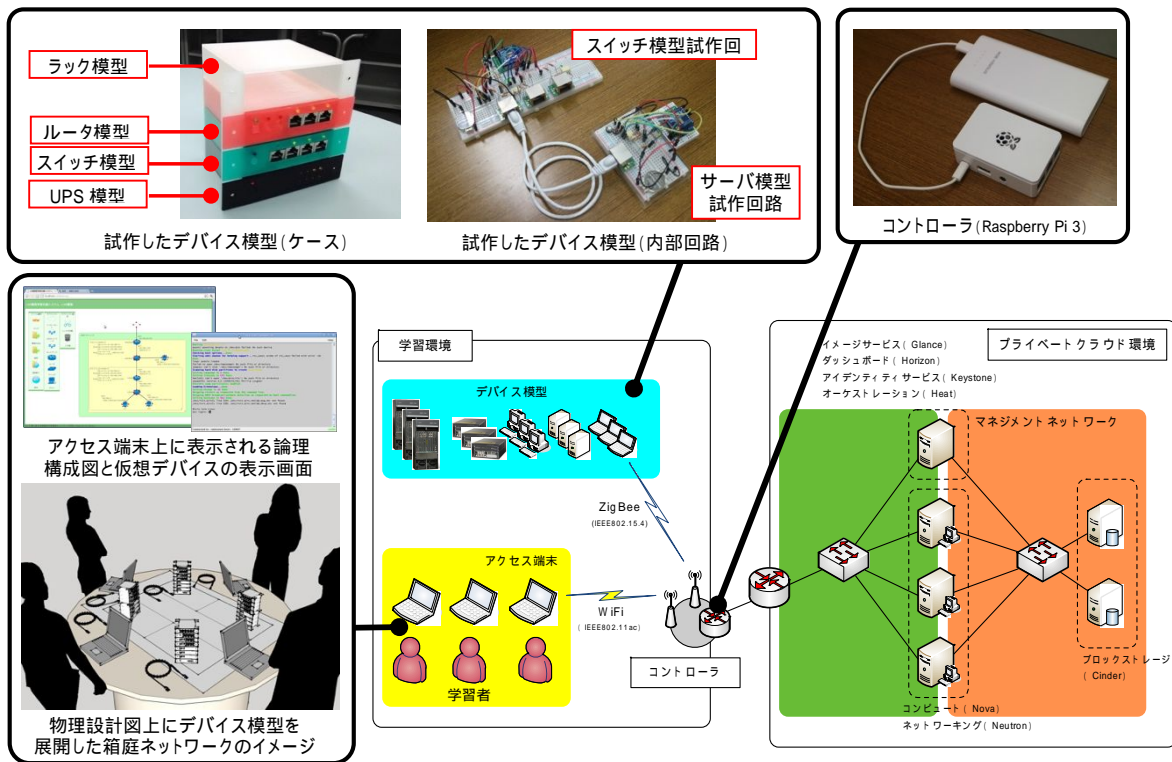


図3 デバイス模型とクラウド環境を連動した LAN/WAN 学習のための箱庭学習環境

(1) システム構成

本システムの構成図を図3に示す。このシステムは、学習者が箱庭ネットワークとして利用する「学習環境」、仮想デバイスが実行される「プライベートクラウド環境」、そしてこれらを連携する「コントローラ」の三つから構成される。

学習環境では、テーブル上へ展開された大判ポスターサイズの物理構成図上にデバイス模型や LAN ケーブル等が箱庭環境として用意されている。さらに各学習者はアクセス端末と呼ばれるノート PC を利用し、その画面に表示される論理構成図を通して、ホスト、スイッチ、ルータ等の仮想デバイスの画面にアクセスする。ここでデバイス模型同士の接続には実物の LAN ケーブルを利用する。デバイス模型には電源・リセットボタン、アクセスランプなどが装備されており、省電力通信の ZigBee を利用し、後述のコントローラ経由で仮想デバイスと連動する。

プライベートクラウド環境は、デバイス模型とマッピングされる仮想デバイスの実行環境となっており、そのプラットフォームにはクラウド OS と呼ばれる OpenStack を利用している。この環境上では仮想サーバ、仮想クライアントに加え、Open vSwitch を利用した仮想スイッチ、VyOS を利用した仮想ルータなどが動作する。

コントローラは箱庭学習環境を支える3つのネットワークを中継する役割を持っている。一つ目はデバイス模型と通信するための ZigBee を利用した省電力通信ネットワーク、二つ目はプライベートクラウド環境と接続するための有線ネットワーク、三つ目はアクセス端末と接続するための無線ネットワークである。また、コントローラはデバイス模型と仮想デバイスのステータス管理と連動も行っている。

(2) 箱庭ネットワークを利用したロールプレイ学習

各々の学習者はアクセス端末1台とデバイス模型複数台を利用して、物理構成図と論理構成図を基に IT 技術者としてロールプレイを行う。ネットワーク導入の現場に見立て、自身の役割が明確になるよう大判プリンタで印刷された物理設計図から学習者間で管理分担を決め、デバイス模型を配置していく。そして配線計画を元に LAN ケーブルを作成し、構築現場に見立てた物理構成図上に敷設をする。また、設計図に地図を利用することで題材を WAN へと拡張することができるため、これらのロールプレイを通して LAN から WAN に至るネットワークについて物理設計から実際の設定に至る一連の流れがこの箱庭ネットワーク上で学習することができる。

(3) 活動内容

平成28年度は、基本的なシステムの動作を検証するため、複数の学習者を想定しつつ、学習者一人分に限定したシステムの開発を行った。具体的な内容として、学習者一人かが利用する分

のデバイス模型・コントローラ・プライベートクラウドの設計・構築を行った。模型間の通信プロトコル，コントローラ・模型間のプロトコル，コントローラ・プライベートクラウド間のプロトコルの設計・開発を行い，学習者の利用する操作画面の開発を進めた。平成 29 年度は，平成 28 年度の成果を踏まえて，教育システム情報学会において「物理模型と仮想環境をマッピングしたネットワーク教育プラットフォームの一提案」というタイトルで報告を行い，物理的な装置に見立てたデバイス模型と仮想化された環境を連動させ，箱庭ネットワーク環境の改良を行った。平成 30 年度は，数十名規模の複数名教育への対応を視野に入れて，スケーラビリティの改善を行うべく通信方式やプロトコルの改良を行っている。今後，IoT デバイスの普及に伴う低価格化と多様化を背景に，ハードウェアの再設計と構築を行うことで，数十名規模の複数名教育への対応を視野に入れたスケーラビリティの改善を行い，これらの成果を踏まえた研究報告を行う予定である。

5 . 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 1 件)

中川泰宏, “物理模型と仮想環境をマッピングしたネットワーク教育プラットフォームの一提案”, 第 42 回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.49-50 (2017)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。